

УДК 622.271

А.В. Селюков, В.Н. Макаров

## ТЕХНОЛОГИЯ ДОИЗВЛЕЧЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ НА ПОЛЯХ ЛИКВИДИРОВАННЫХ ШАХТ

Кардинальным решением защиты окружающей среды от негативного воздействия шахтных полей, отработанных подземным способом, является экологическая санация открытым способом с полной рекультивацией поверхности шахтного поля.

Нами рассмотрены следующие варианты санации:

– частичная санация шахтного поля с доизвлечением оставшихся запасов угля из пластов с их выходов под наносы гидравлическими экскаваторами типа «обратная лопата» или специальными выемочными агрегатами;

– сплошная обработка верхней части шахтного поля горизонтальным слоем по бестранспортной технологии с поперечным подвиганием фронта горных работ.

При этом в каждом из этих вариантов предусматривается комплекс мероприятий по снижению отрицательного влияния открытых горных работ на окружающую среду в процессе осуществления санации шахтных полей.

В процессе доизвлечения оставшихся запасов угля из шахтных полей открытым способом предусматривается проведение рекультивации нарушенных земель вслед за подвиганием фронта горных работ.

Причем производится раздельная выемка скальных вмещающих пород, потенциально-плодородных пород, плодородного слоя и угольных пластов. На стадии технического этапа рекультивации крепкие породы внутреннего отвала

засыпаются потенциально плодородными породами, на которые в свою очередь наносится плодородный слой пород с последующим проведением биологического этапа рекультивации.

Таким образом, выполняется весь комплекс работ по превращению поверхности шахтных полей в экологически безопасное состояние с последующим ее использованием в народном хозяйстве.

Параметры подготовительной траншеи частичной санации шахтных полей определяются исходя из возможности выемки угольного пласта гидравлическим экскаватором (рис.1)

Минимальная ширина подготовительной траншеи по дну определяется по выражению

$$B_{mp}^{\partial} = \epsilon_{\partial} + H_{изв} \cdot (ctg \alpha + ctg \beta) + M_{nl}^{\epsilon} + H_{изв} (ctg \alpha_y - ctg \alpha) + 0,5B_{cx} + R_k + C - h_k \cdot ctg \beta_o + B_k = H_{изв} (ctg \beta + ctg \alpha_y) + \frac{m_n}{\sin \alpha} + R_k + 0,5B_{cx} + C + \epsilon_{\partial} - h_k \cdot ctg \beta_o + B_k, \quad (1)$$

где  $H_{изв}$  – глубина извлечения угольного пласта, м;  $\beta$  – угол откоса выемки, град;  $\alpha_y$  – устойчивый угол откоса пород в почве пласта, град;  $\alpha$  – угол падения пласта, град;  $m_n$  – мощность пласта по нормали, м;  $B_{cx}$  – ширина гусеничного хода гидравлического экскаватора, м;  $B_k$  – ширина перед-

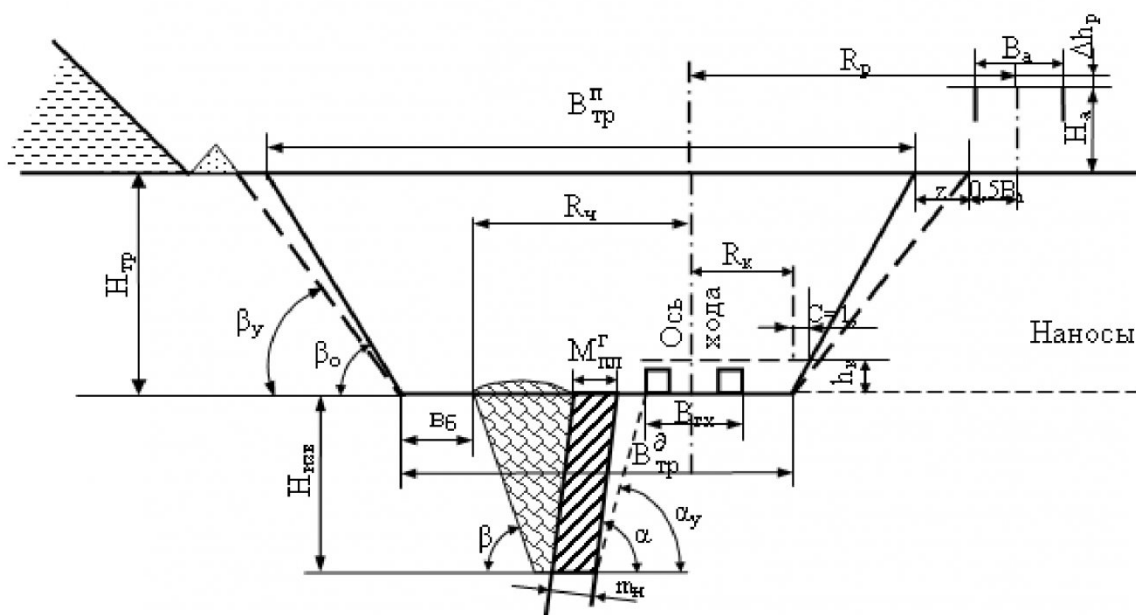


Рис. 1. Схема к расчету параметров подготовительной траншеи

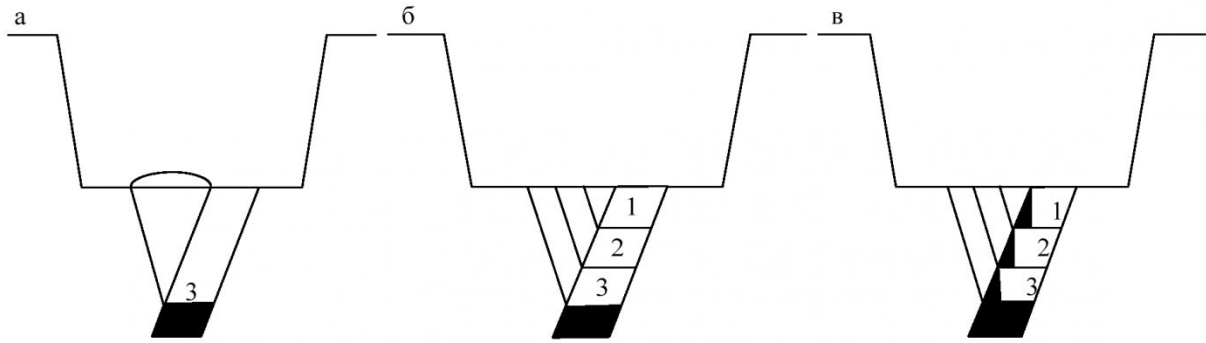


Рис. 2. Схемы выемки угольного пласта гидравлическим экскаватором обратная лопата: а – с применением буровзрывных работ; б – без применения БВР с обработкой пород поверхностно-активными веществами; в – без применения БВР с принудительным обрушением пород всяческого бока пласта при его опережающей выемке ковшом экскаватора.

ней стенки ковша экскаватора, м;  $R_k$  – радиус вращения кузова экскаватора, м;  $C$  – зазор между кузовом экскаватора и откосом траншеи, м;  $h_b$  – предохранительная берма, м;  $h_k$  – просвет между кузовом экскаватора и дном подготовительной траншеи, м;  $M_{nl}^e$  – горизонтальная мощность пласта, град,  $H_{mp}$  – глубина траншеи, м;  $\beta_0$  – угол откоса бортов траншеи, град.

Опережающая выемка угольных пластов гидравлическим экскаватором обратная лопата может производиться по следующим вариантам:

- рыхление пород со стороны всяческого бока пласта с применением буровзрывных работ;
- выемка пород с всяческого бока пласта без применения буровзрывных работ;
- выемка пород с всяческого бока пласта без применения буровзрывных работ с предварительной их обработкой поверхностно-активными веществами (ПАВ).

При этом возможны варианты технологии:

- выемка взорванной породы с всяческого бока пласта сразу на всю глубину с последующей выемкой угольного пласта (рис. 2а);
- выемка пород обработанных ПАВ с всяческого бока пласта слоями с последующим извлечением угольного пласта в пределах слоя (рис. 2б);
- опережающая выемка угольного пласта слоями с последующей выемкой пород с всяческого бока пласта в пределах слоя с принудительным их обрушением (рис. 2в).

При выемке угольного пласта с рыхлением пород всяческого бока с применением БВР основной задачей является обеспечение устойчивости пласта при его обнажении со стороны всяческого бока.

Высота устойчивого откоса при выемке пласта является обоснованием глубины, на которую убирается порода с всяческого бока пласта.

По этому параметру выбирается технология выемки пласта обнажением его сразу на полную глубину с последующей выемкой пласта или выемку послойно.

Приняв угольный пласт в качестве наклонного

слоя породы при незначительной связи его по контакту, расчет устойчивой высоты обнаженного угольного пласта с некоторым приближением можно производить по выражению [1]

$$H_{np} = \frac{2 \cdot C'}{g \cdot \gamma} \left[ \frac{1 + ctg\beta_a \cdot ctg(\beta_a - \varphi)}{ctg\beta_a - ctg\beta} \right], \quad (2)$$

где  $C'$  – сцепление угольного пласта по его контакту с породным массивом, т/м<sup>2</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\gamma$  – плотность угля, т/м<sup>3</sup>;  $\beta_a$  – угол плоскости скольжения при обрушении пласта, град;  $\varphi$  – угол внутреннего трения, град;  $\beta$  – угол скольжения по контакту пласта с породой,  $\beta = \alpha$ ;  $\alpha$  – угол падения пласта, град.

Используя обобщенные показатели физико-механических свойств пород в зоне подработки шахтных полей подземными горными выработками, принимаем следующие исходные данные:  $C' = 6$  т/м<sup>2</sup>,  $\gamma = 1,35$  т/м<sup>3</sup>,  $\beta_a = 45^\circ$ ,  $\varphi = 15^\circ$ . В итоге получим зависимость  $H_{np} = f(\beta)$  в виде (рис. 3).

$$H_{np} = 19,08 - 0,39\beta + 0,0023\beta^2$$

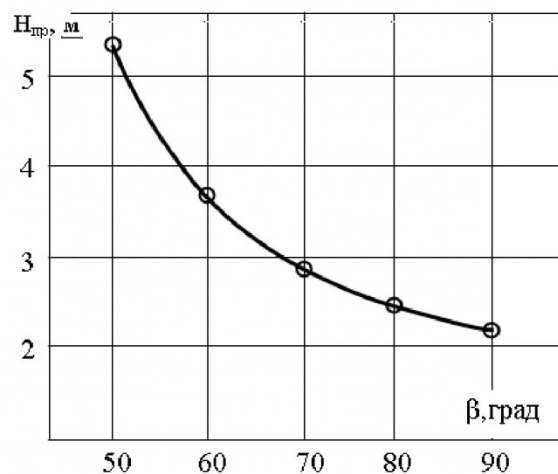


Рис. 3. График зависимости высоты предельно устойчивого откоса обнаженного угольного пласта от угла его падения в зоне ослабления массива подземными горными выработками.

Полученная зависимость позволяет установить высоту слоя при выемке пород и угля в зависимости от угла падения обрабатываемого угольного пласта.

Возможность выемки пород со стороны висячего бока угольного пласта без предварительного рыхления обуславливается прочностными свойствами пород и усилием копания экскаватора.

Принимая во внимание, что на верхних горизонтах шахтных полей, обработанным подземным способом, породы ослаблены и подвержены выветриванию, принимаем их состояние как плохо взорванные скальные породы и возможно применение теории резания Н.Г.Домбровского [2].

По этой теории возможность черпания пород без предварительного рыхления обеспечивается при выполнении условия

$$N_p^{ЭГО} = \kappa_1 \cdot b \cdot c, \quad (3)$$

где  $N_p^{ЭГО}$  – усилие резания, развиваемое режущей кромкой ковша экскаватора, кг/см<sup>2</sup>;  $\kappa_1$  – удельное сопротивление горной породы копанию, кг/см<sup>2</sup>; « $b$ » и « $c$ » – ширина и толщина стружки, см.

Между этими параметрами существует взаимосвязь

$$c = (0,1 \div 0,33)b.$$

Значение удельного сопротивления пород копанию при экскавации плохо взорванных пород составляет  $\kappa_1 = 4,25$  кг/см<sup>2</sup>.

$$\text{Тогда } N_p^{ЭГО} = 4,25 \cdot (0,1 \div 0,33) \cdot b^2.$$

Используя полученное условие возможности выемки пород со стороны висячего бока пласта без предварительного рыхления, устанавливается перечень (тип) выемочно-погрузочного оборудования и тип поверхностно-активного реагента (рецептура).

Применение ПАВ позволяет снизить проч-

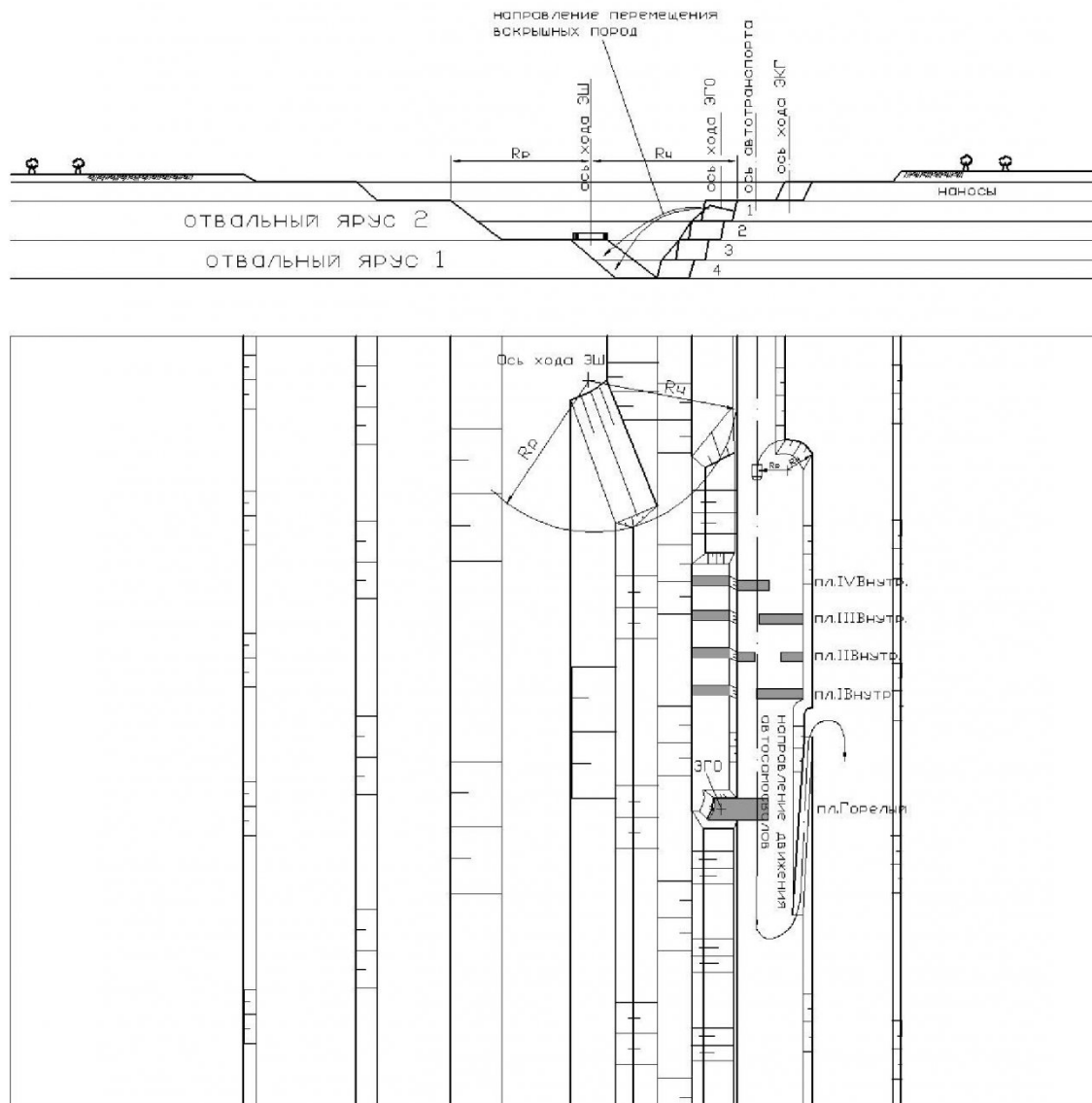


Рис. 4. Схема сплошной отработки шахтного поля на глубину, определяемую возможностью драглайна осуществлять бестранспортную технологию ведения горных работ.

ность породы в несколько раз, что способствует их выемки применяемыми типами выемочно-погрузочного оборудования.

Опережающая выемка угольных пластов слоями с принудительным обрушением пород висячего бока пласта (рис. 2.в) обосновывается возможностью создания предельно устойчивого вертикального откоса.

При отработке верхних горизонтов на большие глубины предлагается технология с поперечным подвиганием фронта работ с отработкой нижних горизонтов по бестранспортной технологии с опережающей выемкой угольных пластов (рис.4).

Технология ведения горных работ осуществляется по четырем этапам. На первом этапе драглайн устанавливается на верхней площадке нижнего отвального яруса и в режиме скрепирования убирает остатки породных междупластий частично заполняя отвальный ярус 1. Вторым этапом производится разработка подступа 2. Часть по-

роды с подступов 1 и 2 (в результате взрывного смещения) ссыпается вниз к первому отвальному ярусу. Заходка подступа 1 и заходка подступа 2 образуют временный навал, из которого драглайн формирует первый отвальный ярус. На третьем этапе разрабатывается подступ 3. Часть развала остается в самой заходке, а остаток смещается взрывом и располагается между заполненной емкостью первого отвального яруса и откосом невзорванной заходки подступа 4. Драглайн размещает вскрышу с заходки подступа 3 в нижнюю часть отвального яруса 2. Особенностью разработки придонной породугольной заходки подступа 4 является ее расположение в зажатой среде. Последним ходом драглайн разрабатывает заходку и заполняет остаток второго отвального яруса. Следует отметить, что для отработки последующей заходки драглайну необходимо отсыпать трассу, при этом шаг передвижки поперек фронта работ примерно соответствует горизонтальной ширине отвального яруса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галустьян, Э. Л.* Геомеханика открытых горных работ. – М.: Недра, 1992. -428с.
2. *Филимонов, Н. А.* Горные машины для открытых работ. – М.: Недра, 1967. - 304с.

□ Авторы статьи:

Селюков  
Алексей Владимирович  
- канд.техн.наук., ст.преп. каф.  
открытых горных работ КузГТУ  
Email: [alex-sav@rambler.ru](mailto:alex-sav@rambler.ru)

Макаров  
Владимир Николаевич  
-технический директор ЗАО  
“Стройсервис” .  
Тел. 8 (3842) 37-7-865

УДК 622.235.

И.Б. Катанов

## ФУГАСНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРОДУКТОВ ДЕТОНАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЕНОГЕЛЯ В КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА

Для определения начального напряжения на границе «ВВ-среда» используют уравнения состояния ВВ, среды, законы сохранения массы, импульса и энергии. Действие волн напряжений рассматривают в акустическом приближении. В этом контексте фугасное действие взрыва пропорционально полному импульсу. Управление составляющими импульса (напряжением  $\sigma$  и временем  $t_2$  позволяет изменять результат разрушения среды.

Действие взрыва заряда ВВ в горной среде характеризуется импульсом давления в зарядной камере, которое возбуждает в среде импульс напряжений. Импульсы давления и напряжения определяются изменением величины давления или напряжения во времени и интервалом времени приложения нагрузки. Параметры импульса на-

пряжения в среде определяются параметрами импульса давления в зарядной камере [1]

$$I = \int_0^t P(t) dt,$$

где  $P$  – максимальное давление на стенки зарядной камеры, Па;  $t$ – время, с.

Теоретическая зависимость  $P=f(t)$ , выведенная Г.И. Покровским, отражает взрывной импульс, характеризующий действие взрыва заряда в среде. Взрывной импульс в сплошной среде имеет положительную и отрицательную фазы. При наличии двух свободных поверхностей (уступа) движения массива в их сторону начинается только после действия положительной фазы, характеризующейся временем детонации заряда и нарастанием давления до максимума ( $t_1$ ), временем, в течение